



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공학석사 학위논문

알코올 섭취가 인체에 미치는 생리학적 고찰을 통한 수중활동 시 리스크 분석

Risk Analysis of Alcohol Consumption during Underwater
Activity through Physiological Review



2019년 2월

한국해양대학교 해양과학기술전문대학원

해양관리기술학과 수중잠수과학기술전공

서상우

본 논문을 서상우의 공학석사 학위논문으로 인준함

위원장 : 강 신 영 인

위 원 : 김 정 훈 인

위 원 : 강 신 범 인



2018 년 11 월 26 일

한국해양대학교 해양과학기술전문대학원

목 차

List of Tables	iii
List of Figures	iv
Abstract	v
1. 서 론	
1.1 연구의 필요성 및 목적	1
1.2 연구의 제한점	3
1.3 용어의 정의	4
2. 이론적 배경	
2.1 수중환경의 물리적 특성	10
2.2 수중활동으로 인한 인체의 생리적 특성분석	11
2.3 알코올 섭취로 인한 인체의 생리적 특성분석	14
3. 연구방법	
3.1 연구설계	16
3.2 자료분석	18
4. 연구결과	23
5. 논의	29
6. 결론 및 제언	33

참고문헌	34
국문초록	37
부록 A	39



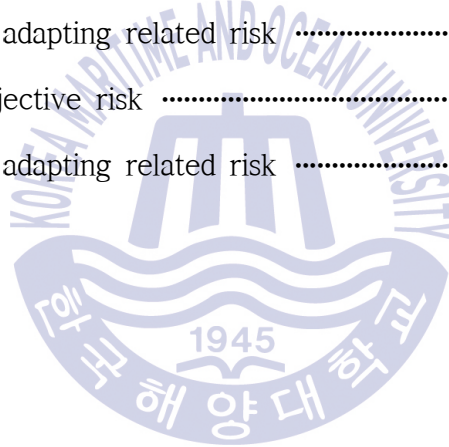
List of Tables

Table 1	Scale of likelihood	20
Table 2	Scale of impairment	20
Table 3	List of objective risk and risk level	24
Table 4	List of related risk	25
Table 5	Risk database	26
Table 6	Variation of risk level	27



List of Figures

Fig. 1 Alcohol metabolism pathway	14
Fig. 2 Procedure of study	16
Fig. 3 Risk assessment and analysis process	18
Fig. 4 Analysis of risk correlation	19
Fig. 5 Construction of risk database	21
Fig. 6 Risk map of objective risk	22
Fig. 7 Risk map after adapting related risk	22
Fig. 8 Risk map of objective risk	27
Fig. 9 Risk map after adapting related risk	27



Risk Analysis of Alcohol Consumption during Underwater Activity through Physiological Review

Sangwoo Seo

Major in Underwater Diving Science and Technology
Department of Maritime Management Technology
Ocean Science and Technology School

Abstract

This study is designed to investigate the physiological response of human to alcohol and risk analysis during the underwater activity. After comparing the human response to alcohol and the underwater activity, we analyzed the physiological changes and risk level by using risk analysis method.

There are various physiological changes in the human body in underwater because of the physical properties of sea water. These changes cause lots of dangerous situations such as an inert gas narcosis, oxygen poisoning and decompression sickness. Alcohol produces a toxic material and influences several hormones that can cause dehydration, psychological changes, heart attack, stroke and so on.

This study suggests a new risk analysis method, ‘Risk Assessment and Analysis(RAA)’ . RAA is a modified method based on internal control framework of the Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission(COSO). It has 3 steps, the first step is to analyze risk correlation. The second step is to quantify risk and build up a risk database. The last step is analyzing the diagramed risk map. Using RAA, risk levels of alcohol use and underwater were calculated and diagramed. Diagramed risk map was used for analysis of the difference between risk levels in underwater before and after alcohol use. As a result, the risk level in underwater increased after alcohol use; the high risk group increased 3(11.5%) to 5(19.2%) and the moderate risk group increased 10(38.5%) to 11(42.3%).

This study shows alcohol use increases the ratio of high risk group during the underwater activity. Also this study present that risk levels can be quantified by the likelihood and impairment scale and has potential of identifying high risk group for intensive management in underwater.

This study shows the risk of alcohol consumption during underwater activity. This will improve scuba divers' consciousness of scuba diving environment.

KEY WORDS: scuba, diving, alcohol, risk assessment, risk analysis



제 1 장 서 론

1.1 연구의 필요성 및 목적

해양관광 주요 통계 자료에 따르면 해양레저관광을 즐기는 이용객은 해마다 증가하고 있으며 그 중 스쿠버다이빙(scuba diving) 등의 수중레저활동 인구는 2015년 76만 명, 2016년 108만 명에서 2017년에는 115만 명으로 급격히 증가하였다(해양수산부, 2018).

해양레저관광 활성화와 레저활동 인구 증가로 인해 수난 안전사고 또한 매년 증가 추세이며 2012년부터 2016년까지 통계 자료에 따르면 전체 수난 안전사고는 연 평균 2만 7천여 건으로 안전부주의 등과 더불어 음주로 인한 사고가 주요 원인으로 집계되었다(행정안전부, 2018). 이렇듯 음주로 인한 위험성을 명확히 인식하지 못한 채 해마다 사고가 되풀이 되고 있으며 스쿠버다이빙 등의 수중 활동에서도 예외 없이 음주로 인한 사고가 빈번히 발생하고 있다(해안경비안전본부, 2015).

‘수중레저활동의 안전 및 활성화 등에 관한 법률’ 제 21조에서는 해사안전법에 의거하여 술에 취한 상태에 있는 사람에게는 수중레저장비를 빌려주거나 수중레저기구를 태워주는 행위를 할 수 없게 명시하였다(국가법령정보센터, 2017). 하지만 스쿠버다이빙을 즐기는 사람들은 그동안 음주 후 스쿠버다이빙에 대해 많은 관용을 베풀었으며 이로 인해 발생하는 문제는 대부분 스쿠버다이버(scuba diver) 본인의 책임으로 전가시켰다.

최근 해양경찰청 등 국가기관에서는 정기적으로 안전수칙을 배포하여 음주 후 스쿠버다이빙에 대한 위험성을 알리고 있으며 이러한 노력들로 점차 음주 후 스쿠버다이빙에 대한 부정적인 시각이 늘어나면서 안전한 스쿠버다이빙을 위한 의식 개선이 조금씩 이루어지고 있다. 하지만 노력에도 불구하고 알코올을 섭취한 스쿠버다이버가 스쿠버다이빙을 할 때 안전을 충분히 고려하는 경우

는 드물다. 수중이라는 특수한 환경에서 이루어지는 스쿠버다이빙은 매 순간 발생할 수 있는 위험성을 인지해야 한다. 그러나 알코올 섭취 후에는 이러한 위험성을 이성적으로 인지하지 못하고 긍정적인 결과에만 치중하는 인지적 오류(cognitive error)가 나타나게 된다(Stacy, 1991).

인지적 오류, 공황(panic) 등과 같은 심리적 요인만으로도 스쿠버다이버는 큰 위험에 빠질 수 있지만 알코올 섭취 후 인체에 나타나는 생리적 변화 또한 스쿠버다이빙 위험성을 크게 증가시킬 수 있다(윤석근, 2007). 하지만 대부분의 스쿠버다이버들은 알코올 섭취가 수중환경에서 인체에 어떠한 생리학적 영향을 미치는지 구체적으로 알지 못한다. 심리학적 요인과 더불어 정량화된 측정이 수월한 생리학적 분석에 대한 논의는 알코올 섭취와 스쿠버다이빙의 상관관계를 보다 쉽게 설명하고 이해할 수 있다는 장점이 있으나 이러한 연구는 국내·외적으로 매우 미흡한 실정이다.

본 연구에서는 수중환경의 물리적 특성에 기인한 생리적 변화와 알코올 섭취로 인한 생리적 변화를 중심으로 살펴볼 것이다. 또한 이 둘의 상관관계를 분석하고 위험요소로 분류된 항목에 대하여 리스크 분석기법을 적용하여 스쿠버다이빙 시 알코올 섭취에 따른 리스크수준 변화를 정량적으로 분석하고자 한다. 이를 통해 보다 안전한 스쿠버다이빙 환경을 제시하고 스쿠버다이빙 시 발생할 수 있는 안전사고의 사전 예방에 필요한 기초 자료를 제공하는데 연구의 목적이 있다.

더 나아가 알코올 섭취로 인해 위험도가 크게 증가하는 세부 항목들은 우선 집중관리대상으로 선정하고 향후 적절한 통제수단을 적용하여 알코올을 섭취한 스쿠버다이버에게 발생하는 문제를 효과적으로 대응할 수 있는 기초 자료를 제공할 수 있을 것으로 기대한다.

1.2 연구의 제한점

본 연구를 수행함에 있어 다음과 같은 제한점을 두었다.

첫째, 알코올이 인체에 미치는 생리학적 영향은 기존에 발표된 의학자료 분석을 통해 제시되었다.

둘째, 리스크 분석 기법은 미국 내부통제연구 소위원회(COSO, Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission)의 내부통제 프레임워크를 기초로 하고 있으며 이를 토대로 보다 발전된 형태의 리스크 평가 및 분석(RAA, risk assessment and analysis) 기법을 새롭게 정립하였다.



1.3 용어의 정의

1) 감압병

감압병(decompression sickness)은 환경 압력의 저하에 따라 생기는 신체 증상의 총칭이며 스쿠버다이빙에서는 고압 환경에서 대기환경으로 이동할 경우 발생한다. 물속으로 하강 할 때는 외부의 압력이 증가하고 몸 속 질소는 과포화 상태가 된다. 상승을 시작하면 외부의 압력이 낮아지고 혈액과 조직에 녹아들어간 질소는 호흡과 피부를 통해 천천히 방출된다. 그러나 급격한 상승으로 외부 압력이 급격히 낮아지면서 인체의 조직이나 혈액 속에 기포를 형성하게 된다. 이것이 감압병의 원인이며 기포 발생 위치에 따라 그 증세는 달리 나타난다.

2) 공기색전증

공기색전증(air embolism)은 기포가 동맥이나 정맥을 따라 순환하다가 혈관의 흐름을 막아 혈류를 공급받아야 하는 장기에 기능 부전을 일으켜 발생하는 질환의 통칭이다. 발생 위치에 따라 심근경색, 뇌경색을 일으키며 마비, 발작, 호흡곤란, 사망까지도 이르게 한다. 대부분의 경우 정맥을 통해 폐로 들어가 폐포에서 기포가 걸러져 밖으로 배출됨으로써 해결되지만 압축된 고압의 기체를 흡입하는 스쿠버다이빙의 경우 갑작스러운 압력 저하로 인해 혈액 속에 녹아있는 기체가 폐를 통해 나오지 못하고 동맥 혈관에 기포를 형성하여 심장과 뇌로 들어가 심각한 문제를 발생시키기도 한다.

3) 기흉

기흉(pneumothorax)은 폐에 구멍이 생겨 공기가 새고 이로 인해 늑막강 내에 공기나 가스가 고이게 되는 질환으로 가슴통증과 호흡곤란을 야기한다. 수중에서 고압의 기체를 흡입하고 있던 스쿠버다이버가 상승할 때 숨을 참거나

(breath holding) 급격하게 상승(rapid ascent)할 경우 발생한다. 대부분 24시간 이내 가슴통증이 사라지며 고농도의 산소를 투여함으로써 치료한다.

4) 부비동

사이너스(sinus)는 뼈나 기타 신체 부분에 존재하는 공간을 의미하며 이 중에서 두개골에 위치하는 사이너스를 부비동(paranasal sinus)이라고 한다. 상악동, 전두동, 사골동, 접형동 등 4개의 주된 부비동이 있으며 머리뼈의 무게를 감소시키고 공명통 역할을 하여 목소리를 증폭하는 기능을 한다. 모든 부비동은 코와 연결되어 있으며 스쿠버다이빙을 하는 동안 공기가 왕래하면서 자연스럽게 압력평형을 이루고 있다. 하지만 비염, 감기 등의 영향으로 통로가 막히면 부비동 압력손상(sinus barotrauma)이 발생하게 된다.

5) 불활성기체마취

불활성기체마취(inert gas narcosis)는 고압의 불활성기체를 호흡함으로써 나타나는 신경학적인 영향으로 주관 감각, 지적 활동 지연, 신경근육 조정 능력 등에 영향을 미친다. 주관 감각은 불활성기체마취와 관련하여 누구에게나 나타나는 감각을 말하며 행복감, 자신감, 무모함 등 다양한 상태가 포함된다.

6) 산소중독

산소 부분압이 0.4 ata 이상인 공기를 호흡할 경우 산소는 독성을 지닌다. 폐에서는 폐포 내부 세포를 손상시키고 뇌에서는 신경 세포를 손상시켜 때로는 발작을 유발한다. 폐 중독의 초기 증상은 가슴 통증과 기침이며 뇌 중독의 경우 어지러움과 안면경련이다. 때로는 특별한 초기 증상 없이 발작이 일어나기도 하며 이러한 증상들은 개인마다 큰 차이를 보인다.

7) 알코올 탈수소효소

알코올 탈수소효소(ADH, alcohol dehydrogenase)는 알코올에서 수소를 이탈시켜 아세트알데히드를 생성하는 반응을 가역적으로 촉매 하는 효소이다. 사람을 비롯한 많은 동물과 고등식물 등에 존재하며 독성이 있을 수 있는 알코올의 화학변화를 일으키는데 기여한다.

8) 아세트알데히드

아세트알데히드(acetaldehyde)는 알코올 탈수소효소에 의해 알코올에서 수소가 이탈되는 1차 분해과정을 거쳐 생성되는 대사산물이며 상온에서 무색 액체로 존재한다. 알코올 보다 독성이 강한 물질로 자율신경을 자극하여 얼굴이 붉어지고 심장박동이 빨라지며 구토, 투통을 유발한다.

9) 아세트알데히드 탈수소효소

아세트알데히드 탈수소효소(ALDH, acetaldehyde dehydrogenase)는 알코올 섭취로 체내에 생성된 독성 물질인 아세트알데히드를 분해하기 위한 효소이다. 아세트알데히드를 분해하여 무독성 물질인 아세테이트를 생성하게 된다.

10) 인지적 오류

인지적 오류는 사건의 의미를 해석하는 과정에서 흔히 범하게 되는 논리적 잘못을 의미한다. 사람은 인지적 오류를 통해 사건의 의미를 과장하거나 왜곡함으로써 잘못된 판단을 내리게 된다. 임의추론(arbitrary inference), 개인화(personalization), 과잉일반화(overgeneralization), 감정적 추리(emotional reasoning), 긍정격하(disqualifying the positive) 등이 인지적 오류의 대표적인 예이다.

11) 적혈구거대모세포

적혈구거대모세포(megaloblast)는 악성빈혈이나 엽산의 결핍으로 인해 골수에 나타나는 직경 $1\mu\text{m}$ 이상의 비정상 원형적혈구이다. 이로 인해 정상적혈구 생성이 원활하지 않아 적혈구 기능이 저하되고 산소 운반 효율성이 낮아져 빈혈을 유발한다.

12) 코르티솔

코르티솔(cortisol)은 스트레스에 대한 반응으로 부신피질에서 생성되는 스테로이드 호르몬의 일종이다. 신체기관의 포도당 사용을 억제하는 등 포도당 대사에 영향을 미치기 때문에 글루코코르티코이드(glucocorticoid)라고도 불린다. 분비된 코르티솔은 각 기관으로 더 많은 혈액을 방출시켜 맥박과 호흡이 증가하며 근육의 합성을 지연 또는 억제시켜 근육 손실을 초래한다.

13) 피하기종

피하기종(subcutaneous emphysema)은 폐포가 파열되면서 공기가 폐 조직 밖으로 빠져나가 양쪽 폐 사이 혹은 목으로 불규칙적 확장을 보이는 상태이다. 심한 경우 심장을 감싸는 심낭과 복강까지도 이동하며 가슴통증과 호흡곤란을 야기한다. 가벼운 피하기종은 100% 산소를 투여하는 것만으로도 치료된다.

14) 항이뇨호르몬

항이뇨호르몬(antidiuretic hormone)은 시상하부에서 만들어지고 뇌하수체 후엽에서 저장, 분비되는 펩티드호르몬이다. 바소프레신(vasopressin)이라고도 하며 신장에서 물의 재흡수를 촉진시키거나 혈관을 수축시켜 혈압을 높이는 기능을 한다.

15) 리스크 평가 및 분석

리스크 평가 및 분석 (RAA, risk assessment and analysis)은 리스크 관리(risk management)에서 리스크를 규명하고 분석하기 위한 기법이다. 1992년 미국 내부통제연구 소위원회의 내부통제 프레임워크인 COSO II 에 기초하여 본 연구에 적합하도록 새롭게 정립된 기법이다.

16) 대상리스크

대상리스크(objective risk)는 선정된 목표나 대상을 수행함에 있어 발생 가능한 리스크 항목이다. 항목 별로 한 가지 내용만을 기재하고 이를 중분류, 대분류로 묶어 관리할 수 있다. 이후 RAA 2단계 리스크데이터베이스 구축을 통해 각 항목들은 발생가능성과 영향크기로 리스크수준이 정량화된다. 본 연구에서는 수중활동으로 인한 인체의 생리적 변화에 따른 리스크를 대상리스크로 선정하였다.

17) 관련리스크

관련리스크(related risk)는 대상리스크에 영향을 미칠 것으로 판단되는 행위에 대한 리스크 항목이다. 이 또한 항목 별로 한 가지 내용만을 기재하고 이를 중분류, 대분류로 묶어 관리할 수 있다. 다만, 관련리스크 항목들은 리스크수준을 정량화하지 않고 대상리스크의 각 항목 별로 영향을 미치는 항목의 개수를 파악한다. 본 연구에서는 알코올 섭취로 인한 인체의 생리적 변화에 따른 리스크를 관련리스크로 선정하였다.

18) 리스크상관관계

RAA 1단계이며 대상리스크와 관련리스크를 결정하고 각 리스크 항목들을 나열하며 상관관계(correlation)를 분석하는 단계이다. 1단계가 완료되면 대상리스크가 관련리스크에 의해 리스크수준이 얼마나 증감되었는지를 알 수 있다.

19) 리스크데이터베이스

RAA 2단계이며 대상리스크를 발생가능성과 영향크기로 리스크수준을 정량화하고 관련리스크 영향에 따른 리스크수준 변화를 분석하는 단계이다. 2단계가 완료되면 대상리스크의 리스크수준 변화가 정량화된 수치로 환산되어 리스크데이터베이스(risk database)를 구축하게 된다.

20) 리스크맵

RAA 3단계이며 단순 나열식으로 열거된 리스크데이터베이스를 발생가능성과 영향크기를 기준으로 리스크의 분포를 매트릭스(matrix)에 매핑(mapping)하는 단계이다. 발생가능성과 영향크기 수치만으로 리스크맵(risk map)에 기록되며 관련리스크 적용 전과 후의 전반적인 리스크수준 변화를 살펴볼 수 있다.

21) 리스크수용한계치

정량화된 리스크수준이 별도의 통제수단이 없어도 충분히 감내할 수 있는지를 판단하는 기준치이다. 리스크수용한계치(risk threshold)는 리스크 관리 주체가 선정하며 항목 별로 한계치가 다르며 시기와 적용대상에 따라 변화한다.

제 2 장 이론적 배경

2.1 수중환경의 물리적 특성

스쿠버다이빙은 대기환경과는 다른 수중환경에서 이루어지는 활동으로 대기와 수중은 압력, 온도, 빛, 소리 등에서 다양한 물리적 특성 차이를 보인다.

스쿠버다이버가 수중에서 받는 압력은 수면에서의 대기압(atmosphere pressure, 단위 'atm')과 수압(hydraulic pressure)을 합한 절대압(atmospheric absolute pressure, 단위 'ata')이다. 프랑스의 철학자이자 과학자인 Blaise Pascal은 해수면에 가해진 대기압이 약 10미터의 바닷물에 가해진 압력과 동등하다는 것을 실험적으로 증명하였다. 즉 수심이 약 10미터 증가할 때마다 1 atm 씩 증가하기 때문에 스쿠버다이빙 수심이 깊어짐에 따라 스쿠버다이버는 더 높은 주변압력의 영향을 받게 된다. 주변압력이 증가하면 각 기체의 부분압도 증가하게 되는데 부분압이 증가하는 것은 공기소모가 증가한다는 것을 의미한다.

주변압력이 변화하면 물체의 부피 또한 변하게 되는데 물체의 상태에 따라 변화 정도가 달리 나타난다. 일반적으로 물체는 분자의 결합력에 따라 고체, 액체, 기체 상태를 유지하고 있으며 고체와 액체보다는 기체 상태에서 압력에 따른 부피 변화가 잘 나타난다. 스쿠버다이버들은 수중에서 압축된 기체를 사용하여 호흡하기 때문에 기체의 압력, 부피, 밀도 등에 대한 보다 구체적인 이해가 필요하다.

1662년 아일랜드의 Robert Boyle은 일정한 온도에서 기체의 압력과 부피는 서로 반비례하고 밀도는 비례한다는 Boyle's law를 실험적으로 증명하였다. 스쿠버다이빙 수심이 깊어지면 주변압력이 증가하고 부피는 반비례하여 감소하게 된다. 실제로 스쿠버다이버들이 착용하는 다공성구조의 네오프렌(neoprene)재질의 슈트는 전체 부피 2/3를 공기가 차지하고 있어 부피 변화가 일어난다. 다행

히 인체는 대부분 고체와 액체 상태로 구성되어 부피의 변화가 크지 않다.

수심에 따른 부피의 변화는 밀도에도 영향을 미치는데 수심이 깊어지면 부피가 감소하지만 물체의 질량은 변하기 않기 때문에 밀도가 증가하게 된다. 이러한 밀도변화로 인해 수중환경은 대기보다 열전도율(thermal conductivity)이 25배 크고 소리 전파 속도는 4배가 더 빠르다.

1801년 영국의 John Dalton은 여러 기체가 혼합되어 있을 때 각 기체가 가지는 압력의 합은 전체 압력과 같다는 Dalton's law를 주장하였다. 스쿠버다이버는 수심이 깊어지면 더 많은 압축 공기를 호흡하게 되며 더 높은 부분압의 질소와 산소를 호흡하게 되는 것이다. 대기는 대부분 질소 78.03%, 산소 20.95%의 비율로 구성되어 있으며 압축이 되어도 그 비율은 변하지 않기 때문에 수심에 따른 질소와 산소 부분압을 계산할 수 있게 된다.

1803년 영국의 William Henry는 일정한 온도에서 일정 부피의 액체 용매에 녹는 기체의 질량, 즉 용해도(solubility)는 평형을 이루고 있는 그 기체의 부분압에 비례한다는 Henry's law를 주장하였다. 수심이 깊어짐에 따라 증가된 질소와 산소의 부분압으로 인해 스쿠버다이버의 몸 안으로 더 많은 질소와 산소가 녹아들어가게 된다.

지금까지 살펴본 Boyle's law, Dalton's law, Henry's law 이 세 가지 법칙을 토대로 스쿠버다이버가 수중환경에서 겪게 되는 물리적 특성변화를 알아보았다. 이 외에도 빛의 확산(diffusion), 탁도(turbidity), 흡수(absorption), 굴절(refraction)로 인해 대기환경과는 다른 시각적 특성 차이가 나타나기도 한다. 이처럼 수중환경에서의 변화된 물리적 특성들은 오랜 시간 수중활동을 하는 스쿠버다이버에게 다양한 생리적 변화를 일으킨다.

2.2 수중활동으로 인한 인체의 생리적 특성분석

수심이 깊어지면서 증가된 주변압력은 스쿠버다이버를 압박하게 되며 이를 가장 먼저 느끼는 기관 중의 하나가 귀(ear)다. 하강 시 증가된 압력은 중이 공간을 둘러싸고 있는 체액과 조직에 전달되어 중이 내 공기공간을 압박하게 된

다. 스쿠버다이버가 느끼는 압박감은 귀의 압력평형(equalizing)을 통해 작아진 중이 내 공기 공간을 확보함으로써 해결한다. 이는 유스타키오관(eustachian tube)에 공기로 불어넣어 압력에 의해 줄어든 공기 용적을 보상하는 방법이다(Edmonds, 2015). 만약 스쿠버다이버가 중이의 압력평형을 하지 못했다면 수압에 의한 압력손상이 발생한다. 혈관이 파괴되어 출혈이 생기거나 고막이 찢어지기도 한다.

또한 두개골에는 상악동(maxillary sinus), 전두동(frontal sinus), 사골동(ethmoid sinus), 접형동(sphenoid sinus)이라는 공기로 가득한 부비동이 존재한다. 부비동은 코와 연결되어 스쿠버다이빙을 하는 동안 공기가 드나들면서 자연스럽게 압력균형이 이루어지지만 감기 등의 요인으로 통로가 막히면 압력 손상이 나타난다(Edmonds, 2002). 부비동의 압력손상 증상으로는 두통과 치통이 있으며 때로는 부비동에 생긴 출혈이 스쿠버다이빙 이후 코나 입으로 나오기도 한다.

수심에 따른 급격한 압력변화는 폐에도 영향을 미친다. 하강과 상승 시에 숨을 참거나 급격하게 상승할 경우 폐의 압력손상이 발생한다. 이는 스쿠버다이빙에서 주된 사망원인 중의 하나로 폐조직의 손상, 피하기증, 기흉, 공기색전증 등의 증상이 나타난다(Graver, 2010).

원하는 수심까지 하강을 완료한 스쿠버다이버는 압축된 공기로 호흡하기 때문에 대기압에서 호흡할 때 보다 더 많은 양의 공기를 호흡하게 된다. 예를 들면 수면에서 분당 공기소모량이 20리터인 스쿠버다이버가 수심 30미터(4 ata)에서 동일한 활동을 수행 한다면 수면 대기압 기준 분당 80리터의 공기를 소모하게 된다. 이는 수중에서 더 높은 부분압의 질소와 산소를 호흡하게 되는 것을 의미하며 불활성기체마취와 산소중독의 위험성을 증가시키게 된다.

불활성기체마취는 압축공기를 사용할 때 주로 수심 30미터(4 ata)에서 나타나기 시작하며 이때의 질소 부분압은 3.2 ata이다. 불활성기체는 네온(neon), 제논(xenon), 아르곤(argon) 등이 있지만 대부분 질소이기 때문에 질소마취(nitrogen narcosis)라고도 한다. 불활성기체는 인체 내에서 어떠한 화학반응에도 관여하지 않으며 불활성기체마취 초기에는 행복감을 느끼고 판단력이 저하되며 심할

경우 환각과 무의식이 나타나기도 한다(Behnke et al., 1935).

산소중독은 산소 부분압 0.4 ~ 1.8 ata 사이의 압축 공기를 호흡할 때 폐에 독성을 미쳐 폐포 내부 세포를 손상시키는 것으로 산소 부분압이 1.8 ata 이상이면 뇌의 신경 세포까지 손상되기 시작한다(Edmonds, 2015). 폐 중독 초기 증상은 가슴 통증과 기침이며 뇌 중독의 경우 어지러움과 안면경련, 심할 경우 구토를 유발한다. 때로는 특별한 초기 증상 없이 발작이 일어나기도 하며 이러한 증상들은 개인마다 큰 차이를 보인다.

수중에서는 스쿠버다이버가 자신의 위치를 인지하기 쉽지 않다. 수중의 스쿠버다이버는 무중력 상태에 가깝기 때문에 자신의 위치를 전정기관(vestibular system)과 시각에 의존하여 판단하게 된다. 하지만 수중에서는 전정기관이 제 기능을 발휘하지 못하여 현기증을 느끼고 방향 감각을 상실하게 된다. 시각적으로도 굴절과 혼탁 등의 물리적 특성 차이로 인해 수중 물체에 대한 거리와 크기를 정확히 판단하기 힘들다.

열전도성이 높은 수중에서는 체온 손실이 급격하게 일어나며 체온이 떨어지면 혈액이 신체의 중심부로 모이게 된다. 이때 인체의 감각기관은 체내 수분이 많다는 착각을 일으켜 이뇨작용을 촉진한다. 이뇨작용에 의한 수분손실은 체내 수분균형이 무너져 탈수현상을 초래한다. 이는 스쿠버다이버가 호흡하는 탈수분화 된 건조한 공기로 인해 더욱 가속화 된다.

스쿠버다이빙을 마친 후 상승을 시작하는 스쿠버다이버가 적절한 상승 속도를 지키지 않을 경우 앞서 언급한 압력손상 이외에 감압병의 위험에도 노출 된다. 혈액과 조직에 녹아들어간 공기가 호흡을 통해 정상적으로 배출되지 못하고 인체조직에 기포를 형성하게 되어 발생하는 질환으로 기포의 발생위치에 따라 근골격계, 신경계, 내이, 폐, 심장 감압병 등으로 구분한다.

마지막으로 스쿠버다이버는 특수한 환경적 요인에 의해 공황 및 불안(anxiety) 등의 심리적 질환이 발생한다. 질소마취나 저체온증 등 생리학적 요인에 의한 뇌 기능 저하가 원인이 되기도 하며 공황상태의 스쿠버다이버는 판단력 저하로 인해 위험에 처하게 된다.

2.3 알코올 섭취로 인한 인체의 생리적 특성분석

알코올 섭취로 인한 인체의 생리적 변화는 알코올 섭취 이후 비교적 짧은 시간 안에 나타나는 일과성변화와 지속적인 알코올 섭취로 인해 나타나는 만성적 변화로 구분할 수 있다. 지속적인 알코올 섭취에 의한 생리적 변화는 주로 만성적 질환에 의한 것으로 알코올 대사과정 중 지방산(fatty acids)의 산화가 제대로 이루어지지 않아 중성지방(triglycerides)이 축적되고 과도한 지방간(fatty liver)을 형성하는 것을 예로 들 수 있다. 하지만 알코올에 의한 만성적 질환 발현여부는 유전적 요소에 의한 개인차가 크고 즉각적인 인체의 생리적 변화를 파악하기 어렵기 때문에 본 연구에서는 알코올 섭취 이후 수 시간 이내의 비교적 짧은 시간에 나타나는 생리적 변화에 주목하였다.

알코올이 인체로 유입되면 그중 10%는 알코올 상태로 호흡이나 소변으로 그대로 배출되며 나머지 90%는 혈액을 따라 간으로 이동하여 알코올 대사과정을 거치게 된다. 간에서의 알코올 대사과정은 <Fig. 1>과 같이 알코올 탈수소효소에 의해 아세트알데히드로 1차 분해되고 아세트알데히드 탈수소효소에 의해 다시 아세테이트로 2차 분해되는 과정을 거친다(Cederbaum, 2012). 이때 1차 분해의 결과물인 아세트알데히드는 알코올보다 독성이 강한 물질로 구토와 근육통을 유발한다. 또한 피부혈관 확장으로 체온손실을 유발하고, 내장혈관 수축으로 일시적인 혈압상승이 일어나 심장질환 및 뇌졸중 위험을 높인다(King, 2014). 그리고 알코올 섭취는 대사과정 중 피루브산(pyruvate)을 젖산(lactate)으로 전환시켜 근육통을 유발하며 피로감을 느끼게 한다.

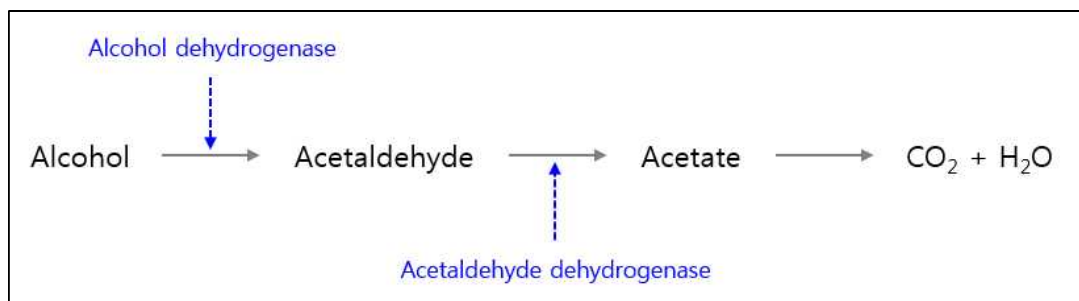


Fig. 1 Alcohol metabolism pathway(Cederbaum, 2012)

알코올 섭취는 인체의 각종 호르몬 분비에도 영향을 미친다. 먼저 스트레스 호르몬의 일종인 코르티솔 분비를 촉진한다. 코르티솔은 맥박과 호흡을 증가시키고 근육 합성을 방해하여 근육 손실과 기능 이상을 초래한다(이우주, 2012). 그리고 소뇌의 운동기능과 평형감각, 반사신경을 둔화시키기도 한다. 또한 항이노호르몬 생성도 억제된다. 이로 인해 많은 양의 수분을 소변으로 배출시켜 탈수현상이 일어나게 된다. 더욱이 알코올 1g 당 약 7 kcal의 열량 발생으로 체온이 상승하여 땀에 의한 수분손실이 가속화된다. 결과적으로 인체의 수분손실은 혈액의 점성 증가와 함께 심장 과부하의 원인이 되고 근육 기능 이상을 초래한다(김기태, 2005). 그리고 알코올 섭취는 엽산(folic acid)을 감소시켜 비정상 적혈구인 적혈구거대모세포를 생성한다. 이로 인해 적혈구의 기능이 저하되고 산소 운반 효율성을 떨어져 빈혈을 유발한다(지제근, 2004).

이외에도 알코올 섭취는 홍채의 명암 조절 및 수정체 초점 능력을 둔화시켜 시각적 장애를 유발하고(김정욱, 2010) 이해력과 판단력, 기억력의 저하 등 뇌 기능 장애를 발생시키기도 한다(질병관리본부, 2010).

지금까지 살펴본 바와 같이 알코올 섭취로 인한 인체의 생리적 특성 변화는 알코올 대사과정 중 생성되는 부산물인 아세트알데히드의 독성에 의한 것과 인체 호르몬 변화 등에 기인한 것으로 크게 구분할 수 있다. 그리고 수분손실에 의한 혈액점성 증가 및 심장과부하와 같이 직접적인 증상을 매개로 발생하는 2차적인(secondary) 생리적 변화 또한 비교적 짧은 시간 안에 인체에 나타날 수 있는 변화들이다.

제 3 장 연구방법

본 연구는 수중활동에서 나타나는 인체의 생리적 변화와 알코올 섭취로 인한 생리적 변화를 살펴보고 알코올 섭취가 스쿠버다이버에게 미치는 영향을 규명하는데 그 목적이 있다. 연구의 목적을 달성하기 위해 사용된 연구설계 및 자료분석 방법은 다음과 같다.

3.1 연구설계

본 연구는 <Fig. 2>와 같이 자료수집과 자료분석 단계로 나누어 진행하였다.

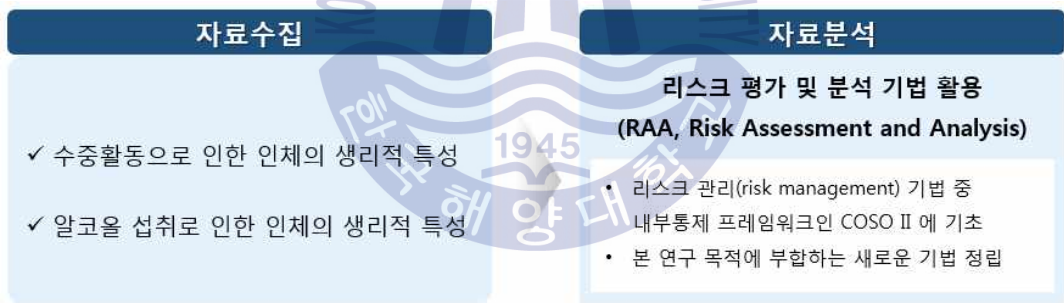


Fig. 2 Procedure of study

자료수집 단계에서는 기존 학술지, 논문 등의 연구결과를 토대로 수중활동과 알코올 섭취로 인한 인체의 생리적 특성 변화들을 알아보았다.

수중활동으로 인한 인체의 생리적 특성 변화에 대한 자료수집은 학술연구정보서비스(RISS, research information sharing service)와 관련 도서를 토대로 진행하였다. 학술연구정보서비스에서는 ‘스쿠버’, ‘수중’, ‘잠수’, ‘감압병’ 등의 색인어로 국내·외 관련 논문과 학술지를 검색하였으며 이중 참고문

헌으로 인용된 도서 중 스쿠버다이빙의 ‘생리학’과 ‘의학’을 포함한 도서를 선별하여 참고하였다.

알코올 섭취로 인한 인체의 생리적 특성 변화는 ‘알코올’, ‘에탄올’, ‘대사’ 등의 색인어로 학술연구정보서비스와 국내·외 의학 정보 사이트를 검색하였으며 상세한 알코올 대사과정은 생화학(biochemistry) 관련 도서를 참고하였다. 다만, 장기적인 알코올 섭취에 나타나는 만성적 질환인 간경변증(liver cirrhosis)과 위궤양(gastric ulcer) 등을 포함하는 자료는 유전적 요소에 의한 개인차가 있고 즉각적으로 나타나는 생리적 변화로 분류할 수 없기에 자료수집 대상에서 제외하였다.

이후 자료수집 단계에서 규명된 모든 생리적 특성들을 리스크로 정의하고 ‘이벤트 트리(event tree)’와 ‘폴트 트리(fault tree)’ 분석기법을 통해 리스크 정의의 타당성을 검증 하였다(Curtis, 2012). 이벤트 트리는 앞서 발생된 리스크가 연쇄적으로 어떠한 리스크를 유발하는지 나열하고 미처 발견하지 못했던 리스크들을 추가로 정의할 수 있었다. 그리고 폴트 트리는 정의된 모든 리스크 하단부에 발생 원인을 기입하고 비교하여 그 원인과 정의된 리스크가 크게 다르지 않을 경우 중복으로 간주하고 삭제하였다. 이 과정을 통해 누락된 리스크를 추가하고 중복된 리스크를 제거하여 정의된 리스크의 신뢰도를 높일 수 있었다.

본 연구에서 사용한 자료분석 기법은 미국 내부통제연구 소위원회의 내부통제 프레임워크인 COSO II 에 기초하였다. COSO II는 내부환경 조사, 목표설정, 리스크 규명, 리스크 평가, 리스크 대응, 리스크 통제활동, 정보와 의사소통, 모니터링 등 총 8단계를 거쳐 리스크를 관리하는 기법이며(Curtis, 2012) 설정된 목표를 이루는데 있어 영향을 미치는 모든 잠재 요인들을 고유리스크(inherent risk)로 규정하였다. 그리고 각 고유리스크에 적절한 통제수단(control activities)을 적용하여 고유리스크의 리스크수준(risk level)을 낮추었다. 이처럼 통제수단에 의해 리스크수준이 변화된 고유리스크를 잔존리스크(residual risk)라고 하며 잔존리스크가 조직에서 수용 가능한 수준을 넘어선다면 또 다른 통제수단을 가하게 되고 충분히 수용가능한 수준이라면 해당 리스크에 대한 통제활동을 중단하는 기법이다.

COSO II는 통제수단의 효율성을 검증하는데 목적을 두고 있으며 두 가지 이상의 대상에 대해 서로의 리스크 상관성을 분석하기에는 어려움이 있었다. 이를 토대로 본 연구에서는 RAA 기법을 새롭게 정립하여 두 가지 이상의 대상에 대해 리스크 상관성을 분석할 수 있도록 하였으며 이후 COSO II의 통제활동 프로세스에도 적용할 수 있도록 하였다.

3.2 자료분석

RAA는 <Fig. 3>과 같이 3단계로 이루어져 있다.

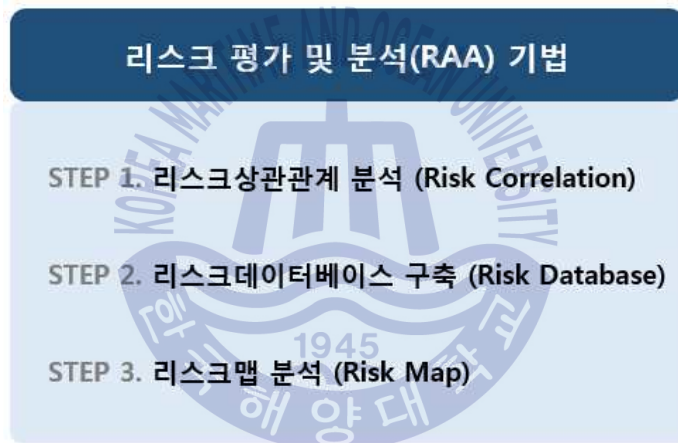


Fig. 3 Risk assessment and analysis process

1단계는 ‘리스크상관관계’ 분석이다. 이 단계에서는 대상리스크와 관련리스크를 결정하고 각 리스크 항목을 나열하며 상관관계를 분류 하였다. 대상리스크는 선정된 목표를 수행함에 있어 발생 가능한 리스크 항목이며 본 연구에서는 수중활동으로 인한 인체의 생리적 변화로 인한 리스크를 대상리스크로 선정 하였다. 관련리스크는 대상리스크에 영향을 미칠 것으로 판단되는 행위에 대한 리스크 항목이며 본 연구에서는 알코올 섭취로 인한 인체의 생리적 변화로 인

한 리스크를 관련리스크로 선정하였다.

대상리스크와 관련리스크를 선정한 이후 각 리스크 항목을 소분류까지 상세하게 기술하였다. 그리고 <Fig. 4>의 예시와 같이 대상리스크 ‘Risk 1’의 발생가능성에 영향을 미치는 관련리스크 Risk 1-1의 ‘No.1’을 ‘발생가능성 증감(a)’에 기입하고 관련 항목의 합계 ‘1’을 기입하였다. 대상리스크 ‘Risk 2’의 경우에는 관련리스크 ‘Risk 2-1’과 ‘Risk 2-2’가 발생가능성을 2만큼 증가시키고 ‘Risk 2-1’이 영향크기를 1만큼 증가시켰다(단 발생가능성과 영향크기를 감소시킬 경우에는 빼준다). 1단계를 완료하고 대상리스크 항목들의 발생가능성과 영향크기가 관련리스크에 의해 얼마나 증감되었는지를 알 수 있었다.

대상리스크 (Objective Risk) :

수증활동으로 인한 리스크 항목

No.	대분류	중분류	소분류	발생가능성 증감(a)			계	영향크기 증감(b)			계
1	-	-	Risk 1	1			1				
2	-	-	Risk 2	2	3		2	2			1

대상리스크 항목 기술
관련리스크 No. 기입

관련리스크(Related Risk) :

알코올 섭취로 인한 리스크 항목

No.	대분류	중분류	소분류
1	-	-	Risk 1-1
2	-	-	Risk 2-1
3	-	-	Risk 2-2

관련리스크 항목 기술

Fig. 4 Analysis of risk correlation

2단계는 ‘리스크데이터베이스’ 구축이다. 이 단계에서는 대상리스크의 발생가능성과 영향크기를 정량화 기준인 <Table 1>과 <Table 2>를 토대로 1에서 5까지 수치화하고 관련리스크 영향에 따른 리스크수준 변화를 분석하였다. 대

상리스크의 리스크수준은 발생가능성과 영향크기를 곱한 값으로 범위는 1부터 25까지이며 1에 가까울수록 위험도가 낮고 25에 가까울수록 위험도가 높다.

Table 1 Scale of likelihood

수준	척 도	설 명
1	발생이 희박한	아주 예외적인 경우에만 일어날 수 있음
2	발생할 것 같지 않은	언젠가 일어날 수도 있음
3	발생할 수 있는	언젠가 일어날 지도 모름
4	발생할 것 같은	대부분의 상황에서 발생할 것으로 생각됨
5	발생이 거의 확실한	대부분의 경우 발생할 것으로 생각됨

Table 2 Scale of impairment

수준	척 도	설 명
1	사소한	부상에 이르는 피해 거의 없음
2	경미한	경미한 부상에 해당하는 피해
3	일상적	상당한 부상에 해당하는 피해
4	중대적	치명상에 이르는 중대한 피해
5	치명적	사망에 이르는 거대한 피해

먼저 정량화 기준을 통해 평가된 대상리스크를 <Fig. 5>의 ‘대상리스크 항목’에 기술하고 발생가능성(P1)과 영향크기(I1), 리스크수준(L1)을 기입하였다. 그리고 대상리스크에 영향을 주는 관련리스크는 ‘관련리스크 항목’에 기술하였다. 앞서 살펴본 바와 같이 관련리스크는 대상리스크의 발생가능성(P1)과 영향크기(I1)를 증감(a, b)시켜 리스크수준(L2)을 변화(L2-L1, Δ)시켰다. 2단계를 완료하면 관련리스크에 따른 대상리스크의 리스크수준 변화가 정량화된 수치로 환산되어 리스크데이터베이스가 구축되었다.

대상리스크 (Objective Risk)				관련리스크(Related Risk)	수준변화 분석			
대상리스크 항목	발생 가능성 (P1)	영향 크기 (I1)	리스크 수준 (P1*I1=L1)	관련리스크 항목	발생 가능성 (P1+a=P2)	영향 크기 (I1+b=I2)	리스크 수준 (P2*I2=L2)	수준변화 (Δ) (L2-L1)
Risk 1	3	2	6	Risk 1-1	4	2	8	2
Risk 2	3	2	6	Risk 2-1 Risk 2-2	5	3	15	9

대상리스크 기술 평가 수치 기입 관련리스크 기술 리스크수준 변화 평가

Fig. 5 Construction of risk database

마지막 3단계는 ‘리스크맵’ 작성이다. 이 단계에서는 단순 나열식으로 열거된 리스크데이터베이스를 발생가능성과 영향크기를 기준으로 매트릭스(matrix)에 매핑(mapping)하였다. 발생가능성과 영향크기 수치만으로 리스크맵에 대응하는 항목의 수를 기입하는 것으로 관련리스크 적용 전과 후의 전반적인 리스크 분포 변화를 살펴볼 수 있었다.

<Fig. 6>은 관련리스크의 영향을 받기 전 대상리스크 자체의 위험도를 분석한 리스크맵이다. 리스크수준이 5미만 일 경우에는 저위험군(low risk group, D와 E), 5이상 10미만 일 경우에는 중위험군(moderate risk group, C), 10이상 일 경우에는 고위험군(high risk group, A와 B)으로 분류하였다. <Fig. 7>은 관련리스크 영향으로 증감된 리스크수준을 반영한 리스크맵이다. <Fig. 6>과 <Fig. 7>을 비교하면 리스크수준이 어떻게 변화하는지 알 수 있으며 본 예시에서는 중위험군에 속했던 2개의 리스크 중 1개가 관련리스크의 영향을 받아 고위험군으로 이동하였다. 3단계를 완료하면 관련리스크 적용 전과 후의 리스크수준 변화를 쉽게 파악할 수 있는 리스크맵이 완성된다.

1단계 리스크상관관계 분석과 2단계 리스크데이터베이스 구축, 그리고 3단계 리스크맵 작성을 완료하면 모든 RAA 단계가 완료된다.

		영 향 크 기				
		1	2	3	4	5
		사소한 (Insignificant)	낮은 (Minor)	일상적 (Moderate)	중대한 (Major)	치명적 (Catastrophe)
발 생 가 능 성	5	발생이 거의 확실한 (Almost Certain)	C-0	B-0	A-0	A-0
	4	발생할 것 같은 (Likely)	D-0	C-0	B-0	A-0
	3	발생할 수 있는 (Possible)	D-0	C-2	B-0	A-0
	2	발생할 것 같지 않은 (Unlikely)	E-0	D-0	C-0	B-0
	1	발생이 희박한 (Rare)	E-0	E-0	D-0	D-0

점수	구분	개수
15이상	A	0
15미만	B	0
10미만	C	2
5미만	D	0
3미만	E	0
합계		2

Fig. 6 Risk map of objective risk

		영 향 크 기				
		1	2	3	4	5
		사소한 (Insignificant)	낮은 (Minor)	일상적 (Moderate)	중대한 (Major)	치명적 (Catastrophe)
발 생 가 능 성	5	발생이 거의 확실한 (Almost Certain)	C-0	B-0	A-1	A-0
	4	발생할 것 같은 (Likely)	D-0	C-1	B-0	A-0
	3	발생할 수 있는 (Possible)	D-0	C-0	B-0	A-0
	2	발생할 것 같지 않은 (Unlikely)	E-0	D-0	C-0	B-0
	1	발생이 희박한 (Rare)	E-0	E-0	D-0	D-0

점수	구분	개수
15이상	A	1
15미만	B	0
10미만	C	1
5미만	D	0
3미만	E	0
합계		2

Fig. 7 Risk map after adapting related risk

제 4 장 연구결과

본 연구에서 수행한 RAA 결과는 다음과 같다.

먼저 1단계로 대상리스크와 관련리스크의 리스크상관관계를 분석하였다. 수 중활동으로 인한 리스크인 대상리스크 항목은 <Table 3>과 같이 총 26개 항목이었으며 알코올 섭취로 인한 리스크인 관련리스크 항목은 <Table 4>와 같이 총 14개 항목이었다. 대상리스크 중 관련리스크의 영향으로 발생가능성이 증가되는 항목은 13개 였으나 영향크기를 증가시키는 항목은 3개로 발생가능성 보다는 영향이 미비하였다. 리스크수준의 최대치가 5인 점을 감안하여 각 리스크마다 4개 항목까지 중복기재가 가능하도록 하였으며 총 대상리스크 26개 항목 중 13개, 즉 50%에 해당하는 항목이 관련리스크 영향을 받았다.

2단계에서는 <Table 5>와 같이 리스크데이터베이스를 구축하였다. 앞서 선정된 대상리스크 26개 항목을 순서대로 기입하고 리스크 정량화 기준인 발생가능성과 영향크기로 수치화 하였다. 대상리스크 정량화 작업이 완료되면 1단계에서 분석한 자료를 기준으로 관련리스크 항목을 기입하고 그에 따른 발생가능성과 영향크기를 반영하여 리스크수준 변화를 결정하였다. 이때 발생가능성과 영향크기 증감범위는 0부터 5까지로 제한하였다. 2단계 리스크데이터베이스에서 리스크수준이 증가한 대상리스크 항목은 총 26개 항목 중 8개로 약 30.8%로 나타났다.

마지막 3단계에서는 2단계에서 구축된 리스크데이터베이스를 <Fig. 8>, <Fig. 9>와 같이 리스크맵에 매핑하였다. 관련리스크 적용 전과 후의 전반적인 리스크수준 변화를 살펴보기 위해 <Table 6>과 같이 고위험군과 중위험군, 저위험군을 분류하여 비교해보았다. 관련리스크 적용 후 대상리스크의 고위험군은 3개에서 5개로 66.7% 증가하였고, 중위험군은 10개에서 11개로 10.0% 증가하였으며 저위험군은 13개에서 10개로 23.1% 감소하였다. 전반적으로 발생가능성과 영향크기가 증가하며 저위험군에서 고위험군으로 이동하는 양상을 보였다.

Table 3 List of objective risk and risk level

No.	소분류	발생가능성 증감 (a)				계	영향크기 증감(b)				계
1	마스크압착 - 눈혈관 파열										
2	귀 압력평형 이상 - 통증 및 출혈, 고막파열										
3	부비동 압착 - 통증(두통, 치통) 및 출혈										
4	상·하강 시 호흡 멈춤 - 폐 손상(피하기증, 기흉, 공기색전증)										
5	급격한 상승 - 폐 손상 및 감압병 발생										
6	수중 호흡량 증가 - 불활성기체 마취(환각, 무의식)	6				1					
7	깊은 수심에서 호흡 - 산소중독(통증, 구토, 발작)										
8	이상 호흡 - 저산소증 - 기절	3	6	13		3					
9	오염기체흡입 - 폐 손상 및 기절										
10	전정기관 기능 이상 - 방향감각 상실 및 현기증	1	8			2	8				1
11	시각적 판단 이상 - 거리와 크기 판단 어려움	14				1					
12	열손실 - 저체온증	1				1					
13	이뇨작용 촉진 - 수분손실	1	9			2					
14	탈수분화된 기체 흡입 - 수분손실	9				1					
15	심리적 질환 - 공황 및 불안	1	3			2					
16	말단부위 혈류량 감소 - 근육기능 이상	1	7	12		3	12				1
17	슈트 압착 - 현기증, 기절										
18	호흡기 손상 - 저산소증 및 기절										
19	부력 장치 이상 - 감압병 발생										
20	수분손실 - 근육 기능 이상	1	7	9		3					
21	수분손실 - 혈액 점성 증가 - 심장 과부하 및 기능 이상	1	2	4	10	4	2	4			2
22	피로도 증가	1	5			2					
23	조류에 휩쓸림 - 조난										
24	마스크 분실 및 광량 부족 - 시각 기능 상실	14				1					
25	계획된 잠수시간 및 수심 넘김 - 감압병 및 공기부족										
26	수면에서 파도 휩쓸림 - 찰과상 및 피로도 증가										

Table 4 List of related risk

No.	소분류
1	아세트알데히드 독성 - 피부혈관 확장 - 체온손실
2	아세트알데히드 독성 - 내장혈관 수축 - 혈압증가
3	아세트알데히드 독성 - 구토 유발
4	혈압 증가 - 심장과부하 및 기능 이상
5	젖산 증가 - 피로도 상승
6	코르티솔 분비 - 맥박과 호흡 증가
7	코르티솔 분비 - 근육 기능 이상
8	코르티솔 분비 - 운동기능 및 평형감각, 반사신경 둔화
9	항이노호르몬 억제 - 수분손실
10	알코올 열량 - 체온 상승 - 수분손실
11	수분손실 - 혈액 점성 증가 - 심장과부하 및 기능 이상
12	수분손실 - 근육 기능 이상
13	엽산 감소 - 적혈구 기능 이상 - 빈혈 유발
14	홍채 및 수정체 기능 이상 - 시각 기능 저하

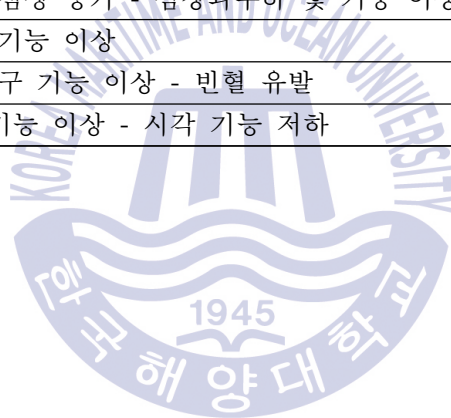


Table 5 Risk database

No.	대상리스크 소분류	P1	I1	L1	관련리스크 No.	수준변화			
						P2	I2	L2	Δ
1	마스크압착 - 눈혈관 파열	3	2	6		3	2	6	
2	귀 압력평형 이상 - 통증 및 출혈, 고막파열	3	2	6		3	2	6	
3	부비동 압착 - 통증(두통, 치통) 및 출혈	3	2	6		3	2	6	
4	상·하강 시 호흡 멈춤 - 폐 손상(피하기증, 기흉, 공기색전증)	2	4	8		2	4	8	
5	급격한 상승 - 폐 손상 및 감압병 발생	3	4	12		3	4	12	
6	수중 호흡량 증가 - 불활성기체 마취(환각, 무의식)	5	1	5	6	5	1	5	
7	깊은 수심에서 호흡 - 산소중독(통증, 구토, 발작)	3	3	9		3	3	9	
8	이상 호흡 - 저산소증 - 기절	3	4	12	3, 6, 13	5	4	20	8
9	오염기체흡입 - 폐 손상 및 기절	1	4	4		1	4	4	
10	전정기관 기능 이상 - 방향감각 상실 및 현기증	4	1	4	1, 8	5	2	10	6
11	시각적 판단 이상 - 거리와 크기 판단 어려움	5	1	5	14	5	1	5	
12	열손실 - 저체온증	5	1	5	1	5	1	5	
13	이뇨작용 촉진 - 수분손실	5	1	5	1, 9	5	1	5	
14	탈수분화된 기체 흡입 - 수분손실	5	1	5	9	5	1	5	
15	심리적 질환 - 공황 및 불안	2	1	2	1, 3	4	1	4	2
16	말단부위 혈류량 감소 - 근육 기능 이상	4	1	4	1, 7, 12	5	2	10	6
17	슈트 압착 - 현기증, 기절	3	1	3		3	1	3	
18	호흡기 손상 - 저산소증 및 기절	1	4	4		1	4	4	
19	부력 장치 이상 - 감압병 발생	1	3	3		1	3	3	
20	수분손실 - 근육 기능 이상	3	1	3	1, 7, 9	5	1	5	2
21	수분손실 - 혈액 점성 증가 - 심장 과부하 및 기능 이상	3	4	12	1, 2, 4, 10	5	5	25	13
22	피로도 증가	2	1	2	1, 5	4	1	4	2
23	조류에 휩쓸림 - 조난	1	1	1		1	1	1	
24	마스크 분실 및 광량 부족 - 시각 기능 상실	1	1	1	14	2	1	2	1
25	계획된 잠수시간 및 수심 넘김 - 감압병 및 공기부족	1	3	3		1	3	3	
26	수면에서 파도 휩쓸림 - 찰과상 및 피로도 증가	1	1	1		1	1	1	

		영 향 크 기					점수	구분	개수
		1 사소한 (Insignificant)	2 낮은 (Minor)	3 일상적 (Moderate)	4 중대한 (Major)	5 치명적 (Catastrophe)			
발 생 가 능 성	5	발생이 거의 확실한 (Almost Certain)	5				15 이상	A	
	4	발생할 것 같은 (Likely)	2				15 미만	B	3
	3	발생할 수 있는 (Possible)	2	3	1	3	10 미만	C	10
	2	발생할 것 같지 않은 (Unlikely)	2			1	5 미만	D	8
	1	발생이 희박한 (Rare)	3		2		3 미만	E	5
							합계		26

Fig. 8 Risk map of objective risk

		영 향 크 기					점수	구분	개수
		1 사소한 (Insignificant)	2 낮은 (Minor)	3 일상적 (Moderate)	4 중대한 (Major)	5 치명적 (Catastrophe)			
발 생 가 능 성	5	발생이 거의 확실한 (Almost Certain)	6	2		1	15 이상	A	2
	4	발생할 것 같은 (Likely)	2				15 미만	B	3
	3	발생할 수 있는 (Possible)	1	3	1	1	10 미만	C	11
	2	발생할 것 같지 않은 (Unlikely)	1			1	5 미만	D	7
	1	발생이 희박한 (Rare)	2		2		3 미만	E	3
							합계		26

Fig. 9 Risk map after adapting related risk

Table 6 Variation of risk level

	고위험군		중위험군		저위험군	
대상리스크	3	11.5%	10	38.5%	13	50.0%
관련리스크 적용 후	5	19.2%	11	42.3%	10	38.5%
리스크수준 변화	2	66.7%	1	10.0%	△3	△23.1%

RAA의 각 단계를 거치면서 리스크수준이 증가한 세부 항목을 살펴보면 이상 호흡으로 인한 저산소증과 기절 항목은 아세트알데히드 독성에 따른 구토, 코르티솔 분비에 따른 맥박과 호흡 증가, 염산 감소로 인한 적혈구 기능 이상의

로 발생 가능성이 2만큼 증가하여 리스크수준을 8만큼 증가시켰다.

전정기관 기능 이상으로 인한 방향감각 상실 및 현기증 항목은 코르티졸 분비에 따른 운동기능 및 평형감각, 반사신경 둔화 등으로 발생가능성과 영향크기가 각 1만큼 증가하여 리스크수준을 6만큼 증가시켰다.

공황 및 불안 등 심리적 질환 항목은 아세트알데히드 분비로 인한 체온손실과 구토 유발로 인하여 발생가능성이 2만큼 증가하여 리스크수준을 2만큼 증가시켰다.

말단부위 혈류량 감소에 따른 근육 기능 이상 항목은 아세트알데히드 독성에 의한 체온손실과 코르티졸 분비에 따른 근육 기능 이상 등으로 발생가능성과 영향크기가 각 1만큼 증가하여 리스크수준을 6만큼 증가시켰다.

수분손실에 따른 근육 기능 이상 항목은 아세트알데히드 독성에 따른 체온손실과 코르티졸 분비에 따른 근육 기능 이상, 항이노호르몬 억제로 인한 수분손실로 발생가능성이 2만큼 증가하여 리스크수준을 2만큼 증가시켰다.

수분손실에 따른 심장 과부하 및 기능 이상 항목은 아세트알데히드 독성에 따른 수분손실과 혈압증가, 알코올 열량으로 인한 수분손실 등으로 발생가능성은 2, 영향크기는 1만큼 증가하여 리스크수준을 13만큼 증가시켰다.

피로도 증가 항목은 아세트알데히드 독성에 따른 체온손실과 젖산 증가로 인한 피로도 상승으로 발생가능성이 2만큼 증가하여 리스크수준을 2만큼 증가시켰다.

마지막으로 마스크 이상이나 광량 부족, 혼탁에 의한 시각 기능 상실 항목은 홍채 및 수정체 기능 이상으로 인한 시각 기능 저하로 인해 발생가능성이 1만큼 증가하여 리스크수준을 1만큼 증가시켰다.

수분손실에 따른 심장 과부하 및 기능 이상, 이상 호흡으로 인한 저산소증 및 기절, 전정기관 기능 이상으로 인한 방향감각 상실 및 현기증, 말단부위 혈류량 감소로 인한 근육 기능 이상 항목은 관련리스크로 인해 리스크수준이 5이상 증가하는 항목으로 나타났다.

제 5 장 논의

본 장에서는 앞선 RAA 결과에 기초하여 대상리스크와 관련리스크 선정의 타당성을 살펴보고 각 단계 별 분석결과에 대하여 논의하고자 한다.

Curtis(2012)의 COSO II 기법은 고유리스크에 대한 통제수단의 효율성을 검증하고 통제수단 적용 후 잔존리스크에 대한 수용가능여부를 판단하기에는 효과적이었으나 두 가지 이상의 대상에 대해 상관성을 분석하기에는 적절하지 않았다. 따라서 두 가지 대상에 대한 리스크상관관계를 분석하기 위해 대상리스크와 관련리스크의 개념을 새롭게 도입하였으며 본 연구에서는 수중활동으로 인한 생리적 특성 변화를 대상리스크로 선정하였고 알코올 섭취로 인한 생리적 특성 변화를 관련리스크로 선정하였다. 대상리스크는 리스크수준 변화를 살펴볼 필요가 있는 목표나 대상임으로 수중활동으로 인한 리스크를 선정함이 타당하며 관련리스크는 대상리스크에 영향을 미칠 것으로 판단되는 행위임으로 알코올 섭취로 인한 리스크를 대상리스크로 선정함이 타당한 것으로 판단된다.

향후에는 대상리스크인 수중활동으로 인한 생리적 특성 변화를 중심으로 스트레스 및 임신, 기타 약물에 의한 반응 등 스쿠버다이빙에 영향을 미칠 것으로 생각되는 다양한 대상을 관련리스크로 선정하고 RAA 기법을 적용하여 관련리스크 적용 전과 후의 리스크수준 변화를 살펴볼 수 있을 것으로 기대한다.

RAA 1단계인 리스크상관관계 분석은 대상리스크와 관련리스크의 세부 항목을 나열하고 대상리스크에 영향을 미치는 관련리스크를 기입하였다. 또한 대상리스크와 관련리스크의 소분류로 규명된 리스크 항목들은 Curtis(2012)의 이벤트 트리와 폴트 트리 기법을 토대로 누락된 항목을 추가하고 중복된 항목을 제거하는 과정을 거쳤기 때문에 리스크 선정의 신뢰도를 높여줄 수 있을 것으로 생각된다. 다만 수중활동으로 인한 리스크 항목 중 말단부위 혈류량 감소와 수분손실의 결과 증상은 근육 이상으로 동일하지만 그 원인은 상이하기에 삭제하지 않았다. King(2014)에 의하면 알코올보다 독성이 강한 아세트알데히드로 인

해 피부혈관이 확장되어 체온손실이 발생하고 이로 인해 말단부위 혈류량이 감소하지만 수분손실의 경우 알코올 섭취로 인해 항이노호르몬 생성이 억제되고 많은 양의 수분이 소변으로 배출되면서 발생하는 것으로 발생 원인에 따라 별도로 구분하였다. 이와는 반대로 수중활동으로 인한 리스크 항목 중 근육 기능 이상과 심장 과부하 및 기능 이상은 그 원인이 수분손실로 동일하지만 결과 증상이 상이하기에 삭제하지 않았다. 이렇게 발생원인과 결과 증상이 상이할 경우 별도의 리스크 항목으로 정의하였기 때문에 발생 가능한 모든 리스크 항목들을 소분류까지 구체화 하였다고 사료된다.

향후 각 리스크 항목으로 선정된 세부 항목들은 중분류와 대분류라는 상위 범주에서 압력과 장비, 혹은 환경 등으로 그룹화(grouping)하여 핵심 키워드를 선정할 수 있도록 하였다. 그룹화와 핵심 키워드 선정은 유사한 리스크 항목에 대해 동일한 통제수단을 적용함으로써 비용과 시간을 절약하고 보다 효율적인 리스크 관리를 이끌어 낼 수 있을 것으로 기대한다. 그리고 대상리스크의 유관 항목으로 기입되는 관련리스크는 발생가능성과 영향크기가 항목 별로 상이할 수 있으나 주관적인 판단에 따른 기준의 다양성 때문에 각 항목 별로 동일하게 적용하였다. 김정욱(2010)에 의하면 알코올 섭취는 흥취 명암 조절 및 수정체 초점 능력을 둔화시켜 시각적 장애를 유발하지만 이 경우 스쿠버다이버에게 중대하거나 치명적인 영향을 미치지 않는다. 반면에 독성이 강한 아세트알데히드는 내장혈관 수축 및 일시적인 혈압상승을 일으켜 심장 과부하 및 기능 이상을 초래하고 발생 시 스쿠버다이버에게 중대하고 치명적인 영향을 미칠 수 있다. 하지만 두 가지 항목 모두 대상리스크의 발생가능성 혹은 영향크기를 ‘1’ 만큼 증가시키는 것으로 한정함으로써 리스크상관관계 분석 시 주관적인 판단을 배제하고 리스크 정량화를 위한 객관성을 확보하였다고 사료된다.

RAA 2단계인 리스크데이터베이스 구축은 대상리스크를 리스크 정량화 기준에 따라 발생가능성과 영향크기로 1에서 5까지 수치화하고 관련리스크의 영향을 기입하여 리스크수준 변화를 살펴보았다. 발생가능성의 정량화 기준을 살펴보면 탈수분화된 기체 흡입 항목처럼 대부분의 경우 발생할 것으로 생각되는 항목은 발생이 거의 확실할 것으로 판단하여 5의 수준을 기입하였으며 이와는 반대로 오염기체 흡입으로 인한 폐 손상 항목처럼 아주 예외적인 경우에만 일

어날 수 있는 항목은 발생가능성이 희박할 것으로 판단하여 1의 수준을 기입하였다. 피해규모를 나타내는 영향크기의 정량화 기준은 수면의 높은 파도에 의한 피로도 증가 항목처럼 부상에 이르는 피해가 거의 없을 경우에는 1의 수준을 기입하고 반대로 사망에 이르는 거대한 피해로 영향크기가 치명적일 경우에는 5의 수준을 기입할 수 있도록 하였다.

관련리스크 적용 후 리스크수준이 증가한 항목을 살펴보면 수중활동 중 이상 호흡으로 인한 저산소증과 기절 항목은 Cederbaum(2012)이 도식화 한 알코올 대사과정 중 알코올 1차 분해물인 아세트알데히드의 독성과 이우주(2012)에서 밝힌 코르티졸 분비에 따른 맥박과 호흡 증가, 지제근(2004)에서 밝힌 엽산 감소로 인한 적혈구 기능 이상 등으로 리스크수준이 증가한 것으로 사료된다. Edmonds(2015)가 언급한 수중활동 중 전정기관 기능 이상으로 인한 방향감각 상실 및 현기증 항목은 알코올 섭취로 인한 코르티졸 분비 촉진으로 소뇌의 운동기능 및 평형감각, 반사신경을 둔화시켜 리스크수준을 증가시킨 것으로 생각되며 수중의 특수한 환경적 요인에 의해 발생할 수 있는 공황 및 불안 등 심리적 질환 항목은 아세트알데히드의 독성으로 인한 체온손실과 구토 유발로 인하여 리스크수준이 증가한 것으로 사료된다. 그리고 수중활동 중 말단부위 혈류량 감소와 수분손실에 따른 근육 기능 이상 항목은 알코올 섭취 후 아세트알데히드의 독성으로 인한 체온손실과 코르티졸 분비에 따른 근육 기능 이상, 항이뇨호르몬 억제로 인한 수분손실로 인하여 리스크수준이 증가한 것으로 사료된다. 수중활동 중 수분손실에 따른 심장 과부하 및 기능 이상항목은 King(2012)이 언급한 바와 같이 알코올 섭취 후 아세트알데히드의 독성으로 인한 수분손실과 혈압증가로 인해 리스크수준이 증가한 것으로 생각되며 수중활동으로 인한 피로도 증가 항목은 Cederbaum(2012)이 밝힌 알코올 대사과정 중 피루브산의 젖산 전환에 의해 리스크수준이 증가한 것으로 사료된다. 마스크 이상 혹은 대기환경과는 다른 시각적 특성 차이로 인한 수중활동 중 시각 기능 상실 항목은 김정욱(2010)이 밝힌 알코올 섭취 후 홍채의 명암 조절 및 수정체 초점 능력 둔화로 인한 시각적 장애 유발로 인하여 리스크수준이 증가한 것으로 사료된다.

RAA 3단계인 리스크맵 분석은 리스크데이터베이스에 나열된 리스크 항목들

을 매트릭스에 매핑 하는 것으로 관련리스크 적용 전과 후의 전반적인 리스크 분포 변화를 살펴 볼 수 있었다. 수중활동으로 인한 리스크 항목들이 알코올 섭취로 인해 고위험군은 11.5%에서 19.2%, 중위험군은 38.5%에서 42.3%로 증가하는 양상을 보여 알코올 섭취로 인해 전반적인 리스크수준이 증가한 것으로 사료된다. 기존에 고위험군으로 분류된 급격한 상승으로 인한 폐 손상, 이상 호흡으로 인한 저산소증 및 기절, 수분손실로 인한 심장 과부하 및 기능 이상과 더불어 전정기관 기능 이상에 따른 방향감각 상실과 현기증, 말단부위 혈류량 감소로 인한 근육 기능 이상이 고위험군에 새롭게 추가되었다. 이는 RAA의 리스크 정량화 분석을 통해 저위험군에서 중위험군, 중위험군에서 고위험군으로 이동한 항목들을 구체화하고 스쿠버다이버에게 치명적인 고위험군을 분류하였다는데 의미가 있었다. 향후 고위험군 항목들 중에서도 우리의 리스크수용한계치(risk threshold)를 상회하는 항목들은 우선집중관리항목으로 지정할 수 있는 기초 자료로 활용할 수 있을 것으로 기대한다.

이처럼 정성적인 기준으로만 인식하고 있었던 수중활동에 의한 리스크와 알코올 섭취 후 변화하는 리스크수준을 객관적인 수치로 정량화함으로써 리스크 수준 변화를 보다 쉽게 인식할 수 있었으며 향후 각 리스크에 대한 적절한 통제수단 적용으로 리스크수준을 낮추기 위한 기초 자료로 활용할 수 있을 것이다.

제 6 장 결론 및 제언

본 연구는 알코올 섭취가 수중활동을 하는 дай버에게 미치는 영향과 리스크 수준을 정량적으로 비교 분석하기 위해 실시하였다. 이에 내부통제 프레임워크인 COSO II 에 기초하여 새롭게 정립된 RAA 기법을 적용하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 수중활동을 하는 다이버는 매 순간 위험에 노출되어 있으며 리스크 발생가능성과 영향크기(피해규모)에 따라 리스크수준을 정량화할 수 있다.

둘째, 알코올 섭취는 기존 수중활동이 지닌 리스크수준을 전반적으로 증가시켰으며 알코올 섭취 이전에 저위험군으로 분류되었던 항목이 알코올 섭취 이후에는 중위험군 혹은 고위험군으로 분류되었다.

셋째, 리스크 관리 측면에서 리스크수용한계치를 상회하는 고위험군 항목들을 우선통제대상으로 지정할 수 있다.

본 연구를 통해 나타난 결과는 알코올 섭취 후 행해지는 스쿠버다이빙에 대한 위험성을 명확하게 알리고 이에 대한 스쿠버다이버들의 의식 개선을 도모하여 보다 안전한 스쿠버다이빙 환경을 제시할 수 있을 것이다. 향후에는 스쿠버다이빙 사고 예방과 사후 통제에 관한 추가 연구를 통해 선진화된 리스크 관리 체계를 구축하고 효율적인 운영방안을 정립하여야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

- 강영희, 2008. *생명과학대사전*. 아카데미서적: 서울.
- 김기태, 안영실, 최송식, 이은희 2005. *알코올 중독의 이해*. 양서원: 파주.
- 김정옥, 문병연, 조현국, 2010. 알코올 섭취 후 발생한 근시화와 관련된 눈의 해부생리학적 변화. *2010년 한국산학기술학회 춘계 학술대회논문집*, pp.890-893.
- 김정옥 등, 2018. 알코올 섭취 후 일시적인 굴절변화와 눈 광학성분의 변화. *Journal of Korean Ophthalmic Optics Society*, 23(2), pp.169-172.
- 안수혁, 2001. *스쿠버 다이빙 시 수압이 인체에 미치는 영향*. 석사학위논문. 한국체육대학교: 서울.
- 윤석근, 2007. 스쿠버 다이빙으로 인한 인체의 압력손상. *Yeungnam University Journal of Medicine*, 24(2S), pp.57-74.
- 이우주, 2012. *이우주 의학사전세트*. 군자출판사: 파주.
- 이현주, 2009. *알코올 대사 효소 저해제와 알코올성 고지혈증 억제 상관관계 연구*. 박사학위논문. 이화여자대학교: 서울.
- 이태신, 2000. *체육학대사전(학술용어편)*. 민중서관: 서울.
- 정인원, 2008. 알코올 의존과 파킨슨병 병태생리에서의 살소리놀(Salsolinol). *대한신경정신의학회*, 47(47), pp.217-224.
- 지제근, 2004. *알기 쉬운 의학용어 풀이집(제3판)*. 고려의학: 서울.
- 한국사전연구사, 1996. *간호학대사전(The great encyclopedia of nursing science)*. 한국사전연구사.
- 해안경비안전본부, 2015. *연안사고예방 자료집*.
- 해양수산부, 2018. *해양관광 주요 통계 자료*.
- 해양수산부, 2018. *2017년 해양사고 통계*.
- 행정안전부, 2018. *재난안전 상황분석 결과 및 중점관리 대상 재난안전사고*.

국가법령정보센터, 2017. *수중레저활동의 안전 및 활성화 등에 관한 법률*. Available at: <http://www.law.go.kr> [Accessed 15 September 2018].

동해해양경비안전본부, 2016. *안전한 수중형 체험활동을 위한 7대 안전수칙*.

서울대학교병원, 2017.07.20. *N의학정보*. Available at: <http://www.snuh.org> [Accessed 16 September 2018].

서울대학교병원, 2017.07.27. *의학백과사전*. Available at: <http://www.snuh.org> [Accessed 16 September 2018].

질병관리본부, 2010.01.31. *건강/질병 정보 - 알코올 중독 및 간질환*. Available at: <http://health.cdc.go.kr> [Accessed 16 September 2018].

Behnke, A. R., Thomson, R. M. & Motley, E. P., 1935. The psychological effects from breathing at 4 atmospheres pressure, *American Journal of Physiology*, 112, pp.554-558.

Brubakk, A. O. & Neuman, T. S., 2003. *Bennett and elliott's physiology and medicine of diving*(5th ed.). Bodmin: Sounders.

Cederbaum, 2012. Alcohol metabolism. *Clinical Liver Disease*, 16(4), pp.667-685.

Considine, G. D., 2005. *Acetaldehyde*. *Van Nostrand's encyclopedia of chemistry*(5th ed.). Hoboken: Wiley-Interscience, pp.5-6.

Curtis, P. & Carey, M., 2012. *Risk assessment in practise*. Committee of Sponsoring Organization of the Treadway commission(COSO).

Edmonds, C., Mckenzie, B. & Thomas, R., 2015. *Diving medicine for scuba divers*(6th ed.). North Steyne Manly: Ocean Royale.

Edmonds, C., Lowry, C., Pennefather, J. & Walker, R., 2002. *Diving and subaquatic medicine*(4th ed.). London: Hodder Arnold.

Graver, D. K., 2010. *Scuba diver*(4th ed.). Translated by 강신영. PDIC-SEI ASIA.

- Howard, J. E. & Jeanette, N. M., 2018. Alcohol dehydrogenases, aldehyde dehydrogenases, alcohol use disorders. *Alcoholism Clinical & Experimental Research*, version of record online. doi: 10.1111/acer.13904.
- King, M. W., 2014. *Integrative medical biochemistry examination and board review*. McGraw-Hill Education.
- Knauss, J. A., 1996. *Introduction to physical oceanography*. PrenticeHall.
- Mount, T., 2003. *Technical diver encyclopedia*(2nd ed.). Translated by 강신영. IANTD Korea.
- NOAA, 2001. *NOAA diving manual Diving for science and technology*(4th ed.). Best publishing company.
- Sacks, F. M. & Jensen, M. K., 2018. From High-Density Lipoprotein cholesterol to measurements of function: Prospects for the development of tests for High-Density Lipoprotein functionality in cardiovascular disease. *Arteriosclerosis Thrombosis and Vascular Biology*, 38(3), pp.487-499.
- Stacy, A. W., Newcomb, M. D. & Bentler, P. M., 1991. Cognitive motivation and drug use: A 9-year longitudinal study. *Journal of Abnormal Psychology*, 100(4), pp.502-515.
- PADI, 2005. *The encyclopedia of recreational diving*(3rd ed.). Rancho Santa Margarita: PADI.
- PADI, 2006. *Open water diver manual*(3rd ed.). Rancho Santa Margarita: PADI.
- Unsworth, I. P., 1966. Inert gas narcosis-an introduction. *Postgraduate Medical Journal*, 42(488), pp.378-385

알코올 섭취가 인체에 미치는 생리학적 고찰을 통한 수중활동 시 리스크 분석

서상우

한국해양대학교 해양과학기술전문대학원
해양관리기술학과 수중잠수과학기술전공

국문요약

본 연구는 수중활동에서 나타나는 인체의 생리적 변화와 알코올 섭취로 인한 생리적 변화를 살펴보고 알코올 섭취가 스쿠버다이버에게 미치는 영향을 규명하는데 그 목적이 있다.

수중환경의 물리적 특성 차이는 수중활동을 하는 스쿠버다이버에게 다양한 생리적 변화를 야기하며 불활성기체마취, 산소중독, 감압병 등의 각종 위험에 노출시킨다. 이와 더불어 알코올 섭취는 분해 과정에서 독성을 지닌 아세트알데히드 탈수소효소를 생성하고 코르티솔 분비 증가, 항이뇨호르몬 생성 억제 등 호르몬 작용에 영향을 미쳐 수분손실, 심장질환 및 뇌졸중 위험도 증가시키고 기타 심리적 질환을 야기한다.

미국 내부통제연구소위원회의 내부통제 프레임워크를 기초로 본 연구에 적합하도록 새롭게 정립한 ‘리스크 평가 및 분석(RAA, Risk assessment and analysis)’ 기법을 활용하여 알코올 섭취 전과 후의 리스크 분석을 실시하였다. RAA기법은 리스크 간 상관관계를 분석하는 1단계, 리스크를 정량화하고 리스크 데이터베이스를 구축하는 2단계, 그리고 이를 도식화하여 리스크맵을 분석하는 3단계로 이루어져 있다.

RAA기법을 통해 알코올 섭취로 인한 수중활동의 리스크수준이 고위험군은 3개(11.5%)에서 5개(19.2%)로 증가하고 중위험군은 10개(38.5%)에서 11개(42.3%)로 증가함을 확인하였으며 다음과 같은 결론을 도출하였다.

먼저 수중활동에 대한 리스크수준을 정량화하여 고위험군을 분류하고 리스크관리 측면에서 우선통제대상을 지정할 수 있었다. 그리고 알코올 섭취는 수중활동의 전반적인 리스크수준을 증가시켜 고위험군의 비율이 높아진 것을 확인하였다.

본 연구 결과는 알코올 섭취 후 행해지는 스쿠버다이빙의 위험성을 명확하게 알리고 이에 대한 스쿠버다이빙자들의 의식 개선을 도모하여 보다 안전한 스쿠버다이빙 환경을 제시할 수 있을 것으로 기대한다.

KEY WORDS: 스쿠버, 다이빙, 알코올, 리스크 평가, 리스크 분석



리스크 평가 및 분석

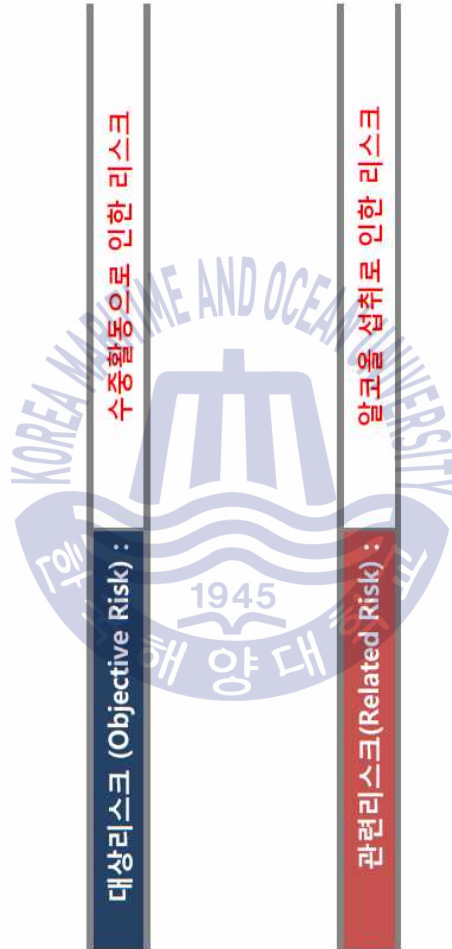
RAA, RISK ASSESSMENT & ANALYSIS

한국해양대학교

KOREA MARITIME & OCEAN UNIVERSITY

COPYRIGHT © 2018 EIDEN SEO. ALL RIGHT RESERVED.
eidenseo@naver.com +82-10-2915-7869





1. 리스크상관관계(Risk Correlation)

대상리스크 (Objective Risk) : 수중활동으로 인한 리스크

※ 감소항목은 음수(-)를 붙이고 해당 No. 기입

유관항목
No. 기입

관련리스크(Related Risk) : 알코올 섭취로 인한 리스크

No.	대분류	중분류	소분류	발생가능성 증감(+)	개	영향크기 증감(+)	개
1	인력	인력	미스드압박 - 누출관 파열				
2	인력	인력	구 입력활동 이상 - 용출 및 출혈 고압파열				
3	인력	인력	부비동 압박 - 용출(누출, 지출) 및 출혈				
4	인력	인력	상하강시 호흡면통 - 폐 손상 (대하기중 기흉, 공기색전증)				
5	인력	인력	근관상승 폐 손상 및 감염병 발생				
6	인력	인력	수중 호흡중증 - 불활성기체 마취 (황자, 무의식)	6	1		
7	인력	인력	깊은 수심에서 호흡 - 산소중독 (용출, 구토, 발작)				
8	장비	장비	이상 호흡 - 저산소증 (기절)	3	6	13	
9	장비	장비	오염기체흡입 - 폐 손상 및 기절	1	8		
10	장비	장비	전정기관 기능 이상 - 방향감각 상실 및 현기증	14			1
11			시각적 판단 이상 - 거리와 크기 판단 어려움	1			
12			혈순전 - 저체온증	1	9		
13	장비	장비	이노착음 촉진 - 수분순환	9	1		
14			탈수분해 된 기체 흡입 - 수분순환	1	3		
15			심리적 위험 - 공황 및 불안	1	7	12	
16			문단부위 활동량 감소 - 근육 기능 이상	1	3		1
17	장비	장비	슈트 압박 - 합기중 기절				
18	장비	장비	호흡기 손상 - 저산소증 및 기절				
19	장비	장비	부력장치 이상 - 감염병 발생				
20			수분 순환 - 근육 기능 이상	1	7	9	
21			수분 순환 - 혈액장상증가 - 심장 과부하 및 기능 이상	1	2	4	2
22			피로도 증가	1	5		
23	환경	환경	조류에 휩쓸림 - 조난	14			
24	장비	장비	미스드 압박 및 공황 부종 - 시간 기능 상실				
25			겨울로 잠수시간 및 수심 단감 - 감염병 및 공기부족				
26	환경	환경	수면에서 파도 발발함 - 원파상 및 피로도 증가				

2. 리스크데이터베이스(Risk Database)

■ 발생 가능성의 척도 (발생가능성)

수준	척도	설명
1	발생이 희박함	아도 해외적인 경우에만 찾아볼 수 있음
2	발생할 것 같지 않음	현재가 일어날 수도 있을
3	발생할 수 있음	현재가 일어날 수도 있음
4	발생할 것 같음	대부분의 상황에서 발생할 것으로 생각됨
5	발생이 거의 확실함	대부분의 경우 발생할 것으로 생각됨

■ 피해 규모 척도 (영향크기)

수준	척도	설명
1	사소한	부상에 이르는 피해 거의 없음
2	경미한	경미한 부상에 해당하는 피해
3	일상적	상당한 부상에 해당하는 피해
4	중대적	치명상에 이르는 중대한 피해
5	치명적	사망에 이르는 거대한 피해

■ 리스크 수준
= 발생가능성 X 영향크기

No.	대상리스크(Objective Risk)			잔존리스크(Residual Risk)			통제유형 및 수단			잔존 리스크(Residual Risk)		리스크 수용인계지 (Risk Threshold)
	발생 가능성	영향 크기	수준	발생 가능성	영향 크기	수준	유형	통제수단	발생 가능성	영향 크기	수준	
1	마스크착용 - 누락과 피해	3	2	6	3	2	6					
2	귀안보호 미착 - 청각장애 유발	3	2	6	3	2	6					
3	부피용 마스크 - 호흡기 질환 유발	3	2	6	3	2	6					
4	방화복 착용 - 화재 발생 시 인명피해	2	4	8	2	4	8					
5	집중력 상실 - 작업 안전 사고	3	4	12	3	4	12					
6	수중 작업 - 물리적 충격	5	1	5	5	1	5					
7	갑옷 착용 - 호흡기 질환	3	3	9	3	3	9					
8	이성충격 - 정신장애	3	4	12	3	4	12					
9	오염물질 노출 - 폐 손상 및 기침	1	4	4	1	4	4					
10	전장기 관련 기능 이상 - 방화복 착용 및 인명피해	4	1	4	4	1	4					
11	시각적 판단 이상 - 거리와 크기 판단 어려움	5	1	5	5	1	5					
12	열손실 - 저체온증	5	1	5	5	1	5					
13	이동작업 중 - 수중 작업	5	1	5	5	1	5					
14	리프트 조작 - 인명피해	5	1	5	5	1	5					
15	원거리 작업 - 중독 및 불인	2	1	2	2	1	2					
16	원거리 작업 - 중독 및 불인	4	1	4	4	1	4					
17	수중 작업 - 인명피해	3	1	3	3	1	3					
18	호흡기 손상 - 저산소증 및 기침	1	4	4	1	4	4					
19	부피용 마스크 - 작업 안전 사고	1	3	3	1	3	3					
20	수중 작업 - 근골격계 이상	3	1	3	3	1	3					
21	수중 작업 - 혈액 정성 증가 - 심장 과부하 및 기능 이상	3	4	12	3	4	12					
22	피로도 증가	2	1	2	2	1	2					
23	조류에 감염됨 - 조류	1	1	1	1	1	1					
24	마스크 착용 및 관리 부족 - 시각 기능 상실	1	1	1	1	1	1					
25	계측된 장소 시간 및 수질 관리 - 감염병 및 공기 오염	1	3	3	1	3	3					
26	수면에서 피로 유발 - 감염병 및 피로도 증가	1	1	1	1	1	1					

3. 리스크맵(Risk Map)

■ 대상리스크(Objective Risk)의 리스크맵

	영향크기					점수	구분	개수
	1 사소한 (Insignificant)	2 낮은 (Minor)	3 일반적 (Moderate)	4 중대한 (Major)	5 치명적 (Catastrophe)			
5 발생이 거의 확실한 (Almost Certain)	5					15 이상	A	
4 발생할 것 같은 (Likely)	2					15 미만	B	3
3 발생할 수 있는 (Possible)	2	3	1	3		10 미만	C	10
2 발생할 것 같지 않은 (Unlikely)	2			1		5 미만	D	8
1 발생이 희박한 (Rare)	3		2	2		3 미만	E	5
						합계		26

■ 관련리스크(Related Risk) 적용 후 리스크맵

	영향크기					점수	구분	개수
	1 사소한 (Insignificant)	2 낮은 (Minor)	3 일반적 (Moderate)	4 중대한 (Major)	5 치명적 (Catastrophe)			
5 발생이 거의 확실한 (Almost Certain)	6	2		1	1	15 이상	A	2
4 발생할 것 같은 (Likely)	2					15 미만	B	3
3 발생할 수 있는 (Possible)	1	3	1	1		10 미만	C	11
2 발생할 것 같지 않은 (Unlikely)	1			1		5 미만	D	7
1 발생이 희박한 (Rare)	2		2	2		3 미만	E	3
						합계		26

■ 리스크수준 변화 분석

	고위영군	중위영군	저위영군			
대상리스크	3	11.5%	10	38.5%	13	50.0%
관련리스크 적용 후	5	19.2%	11	42.3%	10	38.5%
리스크 수준 변화	2	66.7%	1	10.0%	△3	△23.1%